

# モノに情報を貼りつける - RFID タグとその応用 -

椎尾 一郎 玉川大学工学部  
早坂 達 日製産業 (株)

## ■まえがき

バーコードや電子的なIDタグなどを使って人や物にデータを貼りつけるデータキャリア<sup>☆1</sup>技術が確立され、物流や製造、販売、人員管理の場面で利用されている。この技術により、物や場所に識別や管理のための情報を貼りつけたり、物や人の所在を検出することが、ローコストで可能になる。

一方、ポストGUIを目指した新しいユーザインタフェースに、実世界の物や人の活動をきっかけにしてコンピュータ情報を操作しようという実世界指向インタフェース<sup>4)</sup>のアプローチがあり、ここには拡張現実 (Augmented Reality) システム、Ubiquitous Computing、ウェアラブルコンピューティングなどが含まれる。この分野では、人や物にデータキャリアの技術により情報を貼りつけて、コンピュータ情報と連携させる試みがいくつか実験されている (たとえば文献5)。データキャリアは、物流や個人認証の分野のみならず、将来のコンピュータ応用においても重要な要素技術になるであろう。

そこで本稿では、データキャリアのうち、情報を電子

的に保持して、電磁誘導により非接触で情報交換するRFID (Radio Frequency Identification) システムの紹介と応用について述べる。

## ■RFID システム

RFIDシステムは、IDタグ (RFIDタグ) の持つ情報を、リーダ/ライタからの電磁誘導により非接触で読み書きするシステムである。多くのRFIDタグは、リーダ/ライタから電磁誘導により供給される電力により無電源 (電池を搭載しない) で動作する。

図-1は、典型的なRFIDシステムの構成図である。RFIDタグには、メモリと通信回路からなるCMOSチップと超小型アンテナが組み込まれている。アンテナ部分は磁性体に導線が巻かれたコイルであったり、印刷された導電体による空芯コイルであったりする。メモリには、読み出し専用メモリや、EEPROMなどによる書き込み可能なメモリが、用途によって使われる。リーダ/ライタは発信モジュールと制御モジュールから構成されており、アンテナを通じてRFIDタグに電源を供給してデータの読み書きを行う。

リーダ/ライタがRFIDタグの情報を読み取る通信手順は以下のようなになる。

- (1) リーダ/ライタがRFIDタグに電磁波 (チャージ波) を発信して、IDタグの応答動作に必要なエネルギーを与える。
- (2) RFIDタグはチャージ波による電磁誘導で電力を得て充電する。十分な電力を得たRFIDタグはIDデータを送信する。
- (3) リーダ/ライタはチャージ波を送信後、RFIDタグからの信号受信状態に切り替わる。RFIDタグからの信号が受信できなければ (1) から繰り返す。
- (4) リーダ/ライタは受信信号をデジタル信号に変換し、エラーチェックなどを行う。

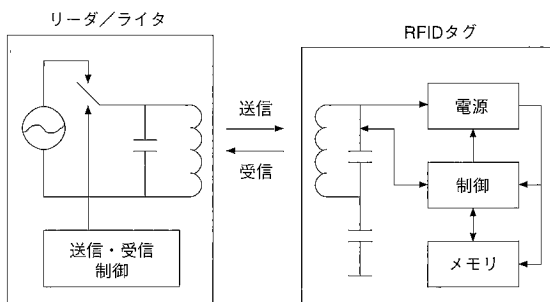
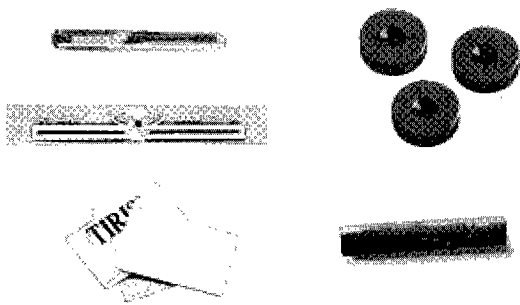


図-1 RFIDシステムの動作原理

<sup>☆1</sup> 本稿では、モノに情報を貼りつける仕組み一般をデータキャリアと呼ぶ。バーコードなどを除いた、電子的な非接触方式IDタグのみをデータキャリアと呼ぶこともある。



右上から時計回りに、ディスク型（直径30mm）、棒型（長さ120mm）、クレジットカード型、ラベル型（長さ60mm）、カプセル型（長さ30mm）

図-2 RFIDシステムの形状



ごみ箱にRFIDタグがつけられている

図-3 ごみ計量収集システムへの応用例

## ■ RFID システムの特徴

非接触で動作する無電源RFIDタグは、電池交換や接点などの機構が不要なので、防塵性、防水性、耐久性のある密封実装が可能である。そこで、小型で、電池交換などのメンテナンスが不要な、半永久的に使用できるRFIDタグを作ることができる。

このような特徴は、従来広く使われているバーコード・二次元コードシステムと共通するものである。印刷技術によって作成できるバーコード・二次元コードは、RFIDタグに比べて、非常に安価で体積が小さい（薄い）という利点がある。一方でRFIDタグは、電磁波が透過すれば、箱、鞆、服のポケットの中にあっても動作する。また、書き込み可能なRFIDタグ、偽造コピーに対する保護機能を持つRFIDタグ、複数のRFIDタグを同時に読み込むシステムなども実現されている。たとえば買い物かごの商品を、一度に集計できる店舗レジスターなどが開発されている。

バーコードとRFIDタグは価格、薄さ、機能において対照的な特徴を備えているので、これまでは用途に応じて上手に使い分けられてきた。しかし最近ではコイル部が印刷で作られた安価なシート状のRFIDタグが作られており、RFIDタグの応用が、従来バーコードが使われてきた用途へも広がると予想されている。

## ■ RFID タグの種類

RFIDタグの応用分野が多様であることを反映して、さまざまな特性と形状のRFIDタグが製造されている。主な仕様を見ても、記録できるデータ容量は1ビットから数キロバイトまで、通信距離も1mmから10m程度まであり、単価も100円から数万円にわたっている。また、前述したように、電池搭載／非搭載の製品、読み出し専用／読み書き可能な製品などがある。通信距離は主にアンテナの大きさで決まり、大型のRFIDタグと大型のリーダ／ライタを組み合わせると、長距離アクセスが可能になる。使

用する電磁波の周波数も、100kHz前後から数GHzと広範囲である。たとえば本年から導入されたNTTのICテレホンカードでは、13.56MHzが採用されている。低周波タイプのRFIDタグは、水中、土中、氷雪中などに置かれても動作可能である。一方、高周波タイプのRFIDタグは、安価で薄型のシート形状に製造できる。

形状もさまざまで、図-2に示すように、ガラスなどに封印された小型のカプセル型、コイン程度から鍋敷くらいまでのディスク型、直径20mm程度の棒型、クレジットカード型、ラベル型、大型機材に取りつけるための箱形などがある。

なお、データキャリアに関連する業界団体に社団法人日本自動認識システム協会があり、ここ<sup>2)</sup>から国内で入手可能なRFIDタグや関連展示会の情報を得ることができる。

## ■ 物に情報を貼りつける

ここでは、RFIDタグを物や場所に貼りつける応用について紹介する。物や場所を識別する技術は、拡張現実システムの研究で重要な課題である。また、物や場所に情報を動的に発信するタグを貼りつける手法は、実世界のいたるところに通信・コンピューティング機能を持ったデバイスを配置して人の知的活動を支援しようという、Ubiquitous Computingのアプローチにも近い考えである。

### ● 回転寿司の皿

回転寿司の皿に二次元コードを印刷して、寿司の回覧時間を管理するシステムがある。二次元コードのかわりに、皿に埋め込んだRFIDタグが採用されることもある。密閉可能なRFIDタグを埋め込むことで、印刷コードに比べて、傷、汚れ、洗剤に対して耐性があり、見た目にも違和感のない識別手段を実現できる。また、重ねた皿をリーダに載せて一度に精算を行うことも可能になる。



コンテナと地面にRFIDタグが取り付けられている

図-4 物流管理への応用例



枕木にRFIDが埋め込まれている

図-5 鉄道保線作業への応用例



展示物にRFIDタグが埋め込まれている

図-6 国立民族学博物館のものの広場

### ●ごみ収集管理

図-3は、ごみ箱にRFIDタグを取りつけて、ごみ収集車が回収するときに重量を自動計測するシステムである。ごみの投入前後のごみ箱の重量差からごみの重量を計測して、ごみ箱の管理者に重量に従った料金を請求する。ごみの量に応じた請求を行えるので、排出量の抑制効果があると同時に、収集車の積載量管理にも役立っている。RFIDタグの、非接触動作すること、水や薬品に強い密閉構造であることの利点が生かされている。

### ●物流管理

図-4は、コンテナに比較的大きな箱形RFIDタグを取りつけて物流管理を行う例である。地面にもRFIDが埋め込まれている。パレットを使う現場ではパレットや棚にもRFIDタグを取りつける。フォークリフトにはリーダーと無線LAN端末が取り付けられている。

この環境でフォークリフトが作業を行うと、どの場所にどの荷物が移動したかをすべて管理することができる。そこで、作業工程をフォークリフトの運転席に表示して、運転作業のナビゲーションを行うこともできる。この応用例では、物だけでなく場所にも情報が貼りつけられていることが特徴である。

### ●情報杭

場所への情報の貼りつけの典型的な例は、情報杭である。道路には境界線や埋設物を示す杭が打ち込まれている。この杭に、RFIDタグを埋め込んでおくと、場所や埋設物に関する情報をその場で取り出せるようになる。たとえば、その杭がどういう測量ポイントであるかの情報、その土地の図面、埋設物の位置・深さ・種類などを、杭に書き込まれた情報から知ることができ、現場で内容を書き換えることもできる。地下の埋設パイプ・ケーブルの位置や種類が分かれば、道路工事などにより誤ってケーブルを切断することもなくなる。杭の他に、マンホールの蓋にRFIDタグを埋め込んで、中のパイプ・ケーブルなどの管理情報を確認・更新するシステムも実用化されている。

情報を持った杭やマンホールが増えれば、これを利用した人や車のナビゲーション支援も可能になるかもしれない。

### ●情報枕木

図-5は、RFIDタグを枕木にとりつけて、鉄道軌道情報を保線車両に伝送する保線作業自動化支援システムである。RFIDタグには、距離情報、構造物情報、障害物情報、レール情報などが書き込まれていて、これを保線車両のリーダーで読み取る。たとえば、ポイントや踏み切り部分の前後の枕木にRFIDタグを取りつけ、この領域では除雪作業を中断させるなどの作業支援を行う。

また運行中の車両から運転中の振動情報などを枕木に書き込んでおき、夜間に異常振動情報の書き込まれた枕木の近辺の保線作業することも可能である。

### ●博物館展示システム

大阪にある国立民族学博物館には、「ものの広場」という展示コーナーがあり、世界各地のさまざまな民族の日用品や祭事用具を手にとって観察することができる(図-6)。ここの展示物には、小型のRFIDタグが、展示物観察の邪魔にならないように巧妙に埋め込まれている。テ

ケーブルの端にあるリーダに展示物を置くと、展示物の名前や用途の説明がディスプレイに現れる。壁際にも別のリーダがあり、そこに展示物を置くと、さらに詳細な使い方や、作り方、それにまつわる物語などが紹介される。本を持っていけば、現地語で読み上げ、意味も教えてくれる。展示物を手にとってながめ用途を推理する面白さがあり、人気の展示コーナーになっている。

## ■人に情報を貼りつける

つぎに、情報を人や動物に貼りつける応用について紹介する。人に所在を発信するバッジをつけさせて、さまざまなコンピュータサービスを提供しようという研究が以前からあり<sup>6)</sup>、常時応答可能なコンピュータを身につけるウェアラブルコンピューティングの流れにつながっている。小型で身につける負担がほとんどなく、無電源で機能する完全防水の電子デバイスであるRFIDタグは、究極のウェアラブルコンピュータといえるかもしれない。

### ●人が持ち歩くIDタグ

人が持ち歩く小物にRFIDタグを仕込んで、人の活動を支援したり管理・監視するシステムが実用化されている。

鍵やIDカードに組み込んだRFIDタグを読み取り、人の出入りを管理したり、オフィスのセキュリティエリアや住宅のドアを解錠するシステムが使われている。鞆やポケットの中に鍵を入れたままで入退室できる利便性がある(図-7)。また、JR東日本などが中心となって、RFIDシステムを使用した非接触の自動改札が研究されている。複数の定期券の入った財布をゲートにかざすことで、該当する定期券と通信して改札するシステムが実現されるであろう。

徘徊症状のある高齢者の介護支援にもRFIDタグが利用されている。介護施設の入居者にRFIDタグをお守り袋などにいれて携帯してもらい、建物の出入口にリーダを設置しておく。出入口を通る入居者を識別して、それぞれの症状に合わせた警報を介護者に伝えることができる。

商業施設の駐車場利用者のモニタにもRFIDタグが利用されている<sup>1)</sup>。顧客以外が商業施設付属の駐車場を利用することを制限する目的で、駐車場を有料にして買い物客には駐車券を配布する手段が一般的である。RFIDタグを用いたシステムでは、駐車場を無料として、駐車場入口ゲートでRFIDタグを発券する。店舗の出入口に設置したリーダで、この顧客の施設利用状況をモニタして、他店などで長時間すごしたとみられる顧客には、RFIDタグを回収する駐車場出口ゲートで注意をうながす。この方式で、駐車券発行と料金徴収の手間をかけずに、顧客の駐車場利用率を大幅に改善できる。

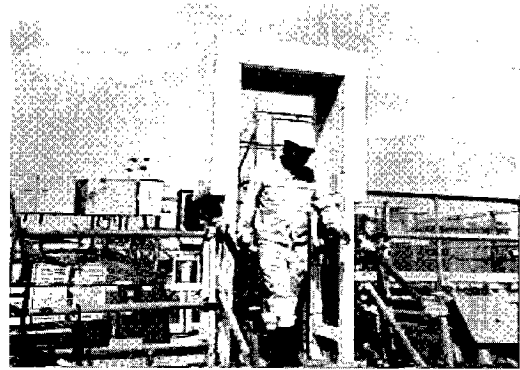


図-7 工場現場の入退管理への応用例

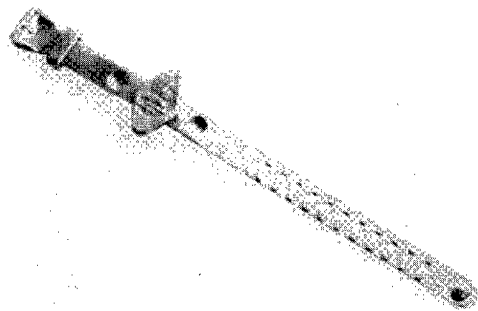


図-8 腕バンド型のRFIDタグ

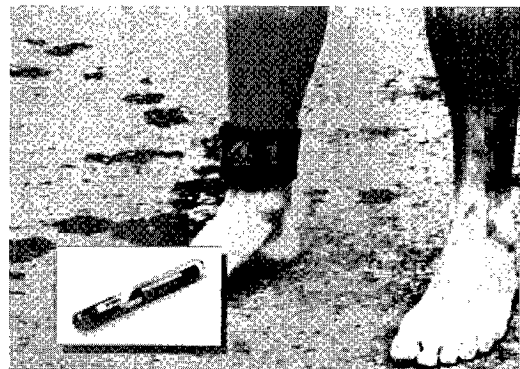


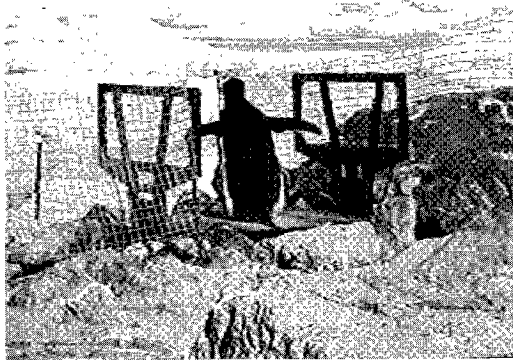
図-9 トライアスロン競技で使われるRFIDタグ

### ●人が身につけるIDタグ

鞆などを持ち歩けない、または両手を自由に使いたい場面での応用では、腕バンドなどにより身につけるRFIDタグが使われる(図-8)。

プール、温泉、レストラン、店舗などから構成されるレジャー施設では、腕バンド型のRFIDタグを使ったキャッシュレスシステムが利用される。施設内のロッカー、レストラン、自動販売機、店舗にはリーダが設置され、これに腕バンドをかざすだけでサービスを受けることができ、財布や小銭などを持ち歩く必要がない。利用が終わったところで、腕バンドを専用の精算機に返却して、代金の精算を行う。

腕バンド型のRFIDタグは、宅配便トラックの貨物ドアの錠にも利用されている。配送担当者が手首にRFIDタグ



生態調査のために野生ペンギンにRFIDタグを取りつけ、ゲートで個体識別と体重測定を行う

図-10

をつけていれば、両手が荷物でふさがっていても、ドアの取っ手を握るだけで解錠される。

防水性、防塵性、耐衝撃性が要求されるスポーツ関連分野でもRFIDタグが利用されている。マラソン競技では、ゼッケンに取りつけたRFIDタグをゴールに設けたゲートで読み取り、ランナーの順位、タイム記録の処理をしている。また、トライアスロン競技では足首に付けたバンドにRFIDタグを組み込んで、競技データの自動集計に利用されている(図-9)。

マラソン参加者のさまざまなデータを収集する実験<sup>7)</sup>では、錠剤型の飲み込むセンサー<sup>8)</sup>が使われていて、ウェアラブルコンピュータのつぎにくる「食べる」コンピュータであると紹介されている。この錠剤型センサーには、温度センサー、電池などが内蔵されていて、0.1度Cの精度で測定したマラソン走者の体内温度を体外に電磁波で伝える。現在の錠剤型センサーはRFIDではないが、RFID技術で電池不要の錠剤型コンピュータが実現できれば、安価で安全な「食べる」コンピュータが実用化されるかもしれない。

### ●動物に貼りつけるIDタグ

動物の体内、もしくは首、耳などにRFIDタグを取りつけ、家畜、ペット、野性動物などの個体識別に利用されている。動物の体内に取りつける場合は、生体と親和性の高いガラスで作られた先の尖った1g以下のカプセル型のRFIDタグを、皮膚の下に注入する。たとえば、乳牛にRFIDタグを取りつけ、重量計、さく乳機と連携させて体重とさく乳量の測定を行い、乳牛の健康管理、生産管理をしている。

野性動物の学術調査の例に、南極で行われた皇帝ペンギンの体重調査がある<sup>1)</sup>。ペンギンは海でだけ餌をとり、そのあと陸に上がったからは繁殖と子育てのために長時間絶食する。彼らの食事と絶食の生理的なメカニズムを探るために、絶食時間と体重が測定された。そこで、各ペンギンにはRFIDタグが取り付けられ、コロニーと海の間に柵とゲートが作られ、ゲートに体重計とリーダーが設

置された。ペンギンがコロニーと海を往復すると、体重測定と個体識別が行われる(図-10)。

### ■今後の展開

物に貼りつけるRFIDタグは、物流分野が扱う物の数に匹敵する出荷が見込まれ、国内だけで毎年数1000万から数100億個になる可能性がある<sup>1)</sup>。一方、人が持ち歩く応用では、電子商取引、汎用乗車券、テレホンカード、アクセスコントロール分野などにおいて、カード型のRFIDタグの需要が伸びている。この結果、量産メリットが生じて、標準的な機能のものでも10円程度の単価になる可能性もあり、応用分野はさらに広がることになるであろう。

今後、地球環境保護に配慮したりサイクル社会が到来するにつれて、廃家電製品のような廃棄された工業製品の処理技術が重要になる。その場面で、廃棄物の材質や危険性の情報を知り、正しい処理を自動的に行うために、RFIDタグを工業製品に取りつける応用が考えられる。

また、物流や個人認証のような従来のデータキャリアが担っていた応用以外に、オフィスや家庭での知的作業にも応用されていく可能性もある。冒頭で紹介した実世界指向インタフェースの分野では、コンピュータの中の情報の操作と現実世界の物の操作を結びつける手段にRFIDタグが使われている<sup>5)</sup>。これにより、たとえば印刷された紙の文書からコンピュータの中のオリジナルファイルを呼び出したり、腕時計、辞書、名刺などを、コンピュータのスケジュール機能、翻訳機能、電子メール機能呼び出す道具として使っている。このような応用により、データキャリアが民生品としてさらに広い市場を得ることができるとも考えられる。

#### 参考文献

- 1) エーアイエムジャパン編: これでわかったデータキャリア, オーム社 (Aug. 1998).
- 2) (社)日本自動認識システム協会, <http://www.aimjapan.or.jp/>
- 3) 国立民族学博物館, [http://www.minpaku.ac.jp/mu-seum/tour/regular\\_exhibition/mono/](http://www.minpaku.ac.jp/mu-seum/tour/regular_exhibition/mono/)
- 4) 藤本純一: 実世界指向インタフェースの研究動向, コンピュータソフトウェア, Vol.13, No.3, pp.4-18 (May 1996).
- 5) Want, R., Fishkin, K. P., Gujar, A. and Harrison, B. L.: Bridging Physical and Virtual Worlds with Electronic Tags, In Proceedings of ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '99), pp.370-377, Addison-Wesley (May 1999). <http://www.acm.org/pubs/articles/proceed-ings/chi/302979/p370-want/p370-want.pdf>
- 6) Want, R., Hopper, A., Falcao, V. and Gibbons, J.: The Active Badge Location System, ACM Transactions on Information Systems, Vol.10, No.1, pp.91-102 (Jan. 1992).
- 7) MIT, Media Lab., Personal Information Architecture Group, <http://www.media.mit.edu/pia/>
- 8) HTI Technologies, Inc., <http://www.htitech.com/med.htm> (平成11年7月6日受付)